

**ANALISIS PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRAFO GARDU INDUK
KONSUMEN TEGANGAN TINGGI DI GARDU INDUK SEMEN MERAH
PUTIH REMBANG**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

ULUL FAUZANI ROHMAN

D 400 130 056

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2017**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRAFO GARDU
INDUK KONSUMEN TEGANGAN TINGGI DI GARDU INDUK SEMEN
MERAH PUTIH REMBANG**

PUBLIKASI ILMIAH

oleh:

ULUL FAUZANI ROHMAN

D 400 130 056

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Agus Supardi, S.T. M.T.

NIK. 883

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRAFO GARDU
INDUK KONSUMEN TEGANGAN TINGGI DI GARDU INDUK SEMEN
MERAH PUTIH REMBANG**

OLEH

ULUL FAUZANI ROHMAN

D 400 130 056

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jumat, 3 Juni 2017
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Agus Supardi, ST. MT
(Ketua Dewan Penguji)
2. Umar, ST. MT
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Aris Budiman, ST. MT
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,

Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph. D

NIK. 682

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 31 Mei 2017

Penulis



ULUL FAUZANI ROHMAN

D 400 130 056

ANALISIS PROTEKSI RELE DIFERENSIAL PADA TRAFO GARDU INDUK KONSUMEN TEGANGAN TINGGI DI GARDU INDUK SEMEN MERAH PUTIH REMBANG

Abstrak

Transformator daya merupakan peralatan penting yang perlu dilindungi dari berbagai gangguan guna menjaga cara kerjanya supaya tetap optimal. Salah satu sistem yang dapat digunakan sebagai pengaman trafo daya adalah rele diferensial. Rele diferensial berperan sebagai pengaman utama yang bekerja dengan cara membandingkan arus masuk dan arus keluar. Selain itu, rele dapat mendeteksi adanya gangguan pada trafo dan akan menginstruksikan pemutus tegangan (PMT) untuk *trip*. Rele diferensial dapat bekerja dengan baik jika didukung dengan *setting* yang tepat. Ketepatan dalam melakukan *setting* perlu dilakukan supaya sistem proteksi dapat bekerja dengan baik. Penelitian ini menggunakan metode sekunder yang bekerja sama dengan PLN Rembang dan Gardu Induk di PT. Semen Merah Putih Indonesia Rembang Jawa Tengah sebagai sumber data serta didukung dengan jurnal-jurnal yang sesuai dengan penelitian yang sedang dilakukan. Data yang diperoleh dari sumber terlebih dahulu diseleksi sesuai kebutuhan kemudian diolah menggunakan perhitungan manual. Perhitungan yang digunakan meliputi nilai arus nominal, arus rating, arus sekunder pada CT, arus differensial, arus *restrain*, *setting* kecuraman, arus *setting*, nilai rasio *current transformer* (CT), *error mismatch* dan gangguan pada trafo daya. Hasil perhitungan arus *rating* menunjukkan nilai 577,36 A pada sisi tegangan rendah dan pada sisi tegangan tinggi 86,47 A. Hasil perhitungan arus *rating* mendapat nilai rasio CT (*current transformer*), nilai rasio CT yang digunakan, dipilih berdasarkan nilai CT yang tersedia dipasaran. pada transformator sisi tegangan rendah sebesar 800:1 A, untuk sisi tegangan tinggi sebesar 80:1 A. Untuk nilai *error mismatch* pada sisi tegangan tinggi sebesar 1,466 % dan pada tegangan rendah sebesar 0,68 %. Kemudian untuk arus sekunder pada CT (*current transmisi*) mendapat nilai 0,96 A pada tegangan tinggi dan 0,65 A pada tegangan rendah. Arus diferensial menunjukkan selisih nilai sebesar 0,31 A. Selanjutnya pada arus *restrain* (penahan) mendapat nilai 0,805 A. Untuk hasil perhitungan arus *setting* sebesar 0,3 A, dengan harapan *setting* yang didapat menjadi sistem proteksi transformator bisa bekerja secara optimal.

Kata Kunci : rele diferensial, sistem proteksi, transformator daya.

Abstract

A power transformer is important tool that must be protected from various fault to keep the work of system optimally. Usable system as a power transformer protection is differential relay. Differential relay is a main protection and it has a work system with compare input current and output current. Beside of that, differential relay can detect the fault of power transformer and will instruct the breaker to trip. Differential relay can work well when it is supported by the right setting. This study is using secondary method and cooperate with PLN Rembang and Gardu Induk at PT. Semen Merah Putih, Rembang,

Central Java, Indonesia as data supplier and supported by relevant journals. Data collection are selected by according to the needs and processed by using manual calculation. Calculation that use are: Nominal current rating, rating current, secondary current on CT, differential current, restrain current, steepness setting, setting current, current transformer ratio (CT), error mismatch and fault of power transformer. The result of rating current calculation shows 577,36 A on the low voltage side and on high voltage side 86,47 A. The result of rating current rating get value of CT ratio (current transformer), value of CT ratio used, selected based on CT value available in market . On low voltage side transformator of 800: 1 A, for high voltage side of 80: 1 A. for error mismatch value at high voltage side equal to 1,466% and at low voltage equal to 0,68%. Then for secondary current on CT (current transmission) get value 0,96 A at high voltage and 0,65 A at low voltage. Differential flow shows difference of value equal to 0,31 A, next at restrain current (retainer) get value 0,805 A. As for result of calculation get current setting equal to 0,3 A, with hope that setting got to transformer protection system can work optimally.

Keywords : differential relay, system protection, power transformator,

1.PENDAHULUAN

Tenaga listrik menjadi kebutuhan pokok untuk setiap individu di era modern ini. Seiring dengan kemajuan teknologi, energi listrik banyak dibutuhkan pada setiap rumah tangga, pertokoan, perindustrian dan lain sebagainya. Sering kali terjadi gangguan pada saat penyaluran daya listrik dengan daya yang cukup besar sehingga mengakibatkan terputusnya kelangsungan pelayanan energi listrik ke konsumen. Hal ini dapat memicu kerusakan dan bahaya kebakaran dalam peralatan sistem tenaga listrik seperti: generator, transformator dan sebagainya. Penerapan sistem proteksi atau perlindungan adalah salah satu cara untuk memperoleh keandalan suatu sistem tenaga listrik.

Transformator daya adalah suatu mesin listrik statis yang berfungsi untuk menyalurkan daya untuk menaikkan atau menurunkan tegangannya sehingga dapat menyuplai tenaga listrik secara kontinyu (Fatra, 2014). Proses penyuplaian tenaga listrik pada transformator daya sering terjadi gangguan, sehingga diperlukan peralatan proteksi agar dapat mengamankan gangguan tersebut.

Rele diferensial adalah salah satu sistem proteksi yang diperlukan untuk mengamankan dari gangguan. Rele diferensial adalah salah satu rele utama pada sistem tenaga listrik yang dapat bekerja dengan seketika tanpa perlu koordinasi dengan rele di sekitarnya. Waktu kerja dapat dibuat secepat mungkin karena rele diferensial ini merupakan alat pengaman yang sangat selektif dan tidak memerlukan koordinasi dari

rele-rele lain. Salah satu gangguan yang sering terjadi yaitu kesalahan dalam membaca suatu perbedaan arus yang disebut *error mismatch* (Rakasiwih, 2014).

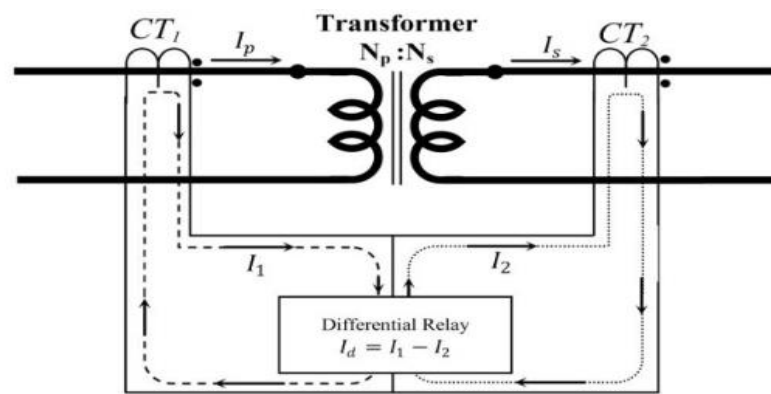
Rele diferensial merupakan rele pengaman yang bekerja berdasarkan keseimbangan, yang membandingkan arus-arus sekunder transformator arus (CT) yang terpasang pada terminal peralatan atau instalasi listrik yang diamankan. Rele ini akan bekerja apabila arus gangguan yang ditimbulkan besar. Rele diferensial digunakan sebagai alat proteksi transformator daya yang memiliki arus cukup besar. Pemilihan dan pemasangan yang sesuai harus dilakukan agar rele ini bekerja secara optimal (Rakasiwih, 2014). Tujuan pemasangan rele proteksi pada transformator daya adalah untuk mengamankan peralatan sehingga kerugian akibat gangguan dapat dihindari atau dikurangi sekecil mungkin (Bages, 2011).

Sehubungan adanya konfigurasi jaringan transmisi di Gardu Induk Merah Putih Rembang untuk memenuhi kebutuhan konsumen khususnya Konsumen Tegangan Tinggi (KTT) seperti perusahaan-perusahaan besar yang membutuhkan adanya ketersediaan tenaga listrik yang banyak, maka diperlukan penelitian terhadap efesiensi proteksi pada rele diferensial yang terpasang. Penulis mengambil judul penelitian “ Analisa Sistem Proteksi Rele Diferensial pada Trafo Gardu Induk Konsumen Tegangan Tinggi di Gardu Induk Merah Putih Rembang”. Penelitian ini, membahas tentang optimalisasi *setting* rele deferensial guna meningkatkan perfoma proteksi dengan harapan sistem proteksi dapat bekerja dengan handal, cepat, dan kontinyu.

Transformator daya adalah peralatan listrik yang biasa disebut trafo. Transformator daya memiliki fungsi untuk menyalurkan daya dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau dari tegangan rendah ke tegangan tinggi. Transformator daya memiliki bagian utama: inti besi, kumparan, minyak trafo, *bushing* dan tangki konservator (Fatra, 2014).

Keuntungan yang didapat dari transmisi dan distribusi arus bolak-balik (AC) adalah tegangan yang berubah-ubah itu dapat dinaikkan (*stepped-up*) atau diturunkan (*stepped-down*). Tegangan yang dibangkitkan antara 11 kV sampai 24 kV dinaikkan ke 400 kV, 245kV dan 132 kV melalui transmisi sebelum diturunkan ke tegangan-tegangan yang sesuai untuk pemakaian dan penurunan ini dicapai dengan menggunakan transformator (Fatra, 2014).

Rele diferensial merupakan salah satu bagian dari sistem proteksi dan sebagai sistem proteksi utama. Sesuai dengan namanya dapat dibayangkan bahwa rele ini bekerja berdasarkan adanya suatu perbedaan. Rele diferensial berkerja dengan cara membandingkan arus yang masuk dan arus yang keluar di wilayahnya (Arun, 2001). Perbandingan tersebut menunjukkan ada atau tidaknya gangguan di dalam trafo. Jika terdapat selisih antara arus masuk dan arus keluar, maka artinya ada kemungkinan gangguan atau kerusakan secara internal. Namun jika jumlah arus masuk sama dengan arus keluar, maka artinya trafo dalam keadaan normal.



Gambar 1 Rele diferensial dalam trafo daya

Fungsi rele diferensial pada trafo adalah sebagai pengaman utama dari gangguan hubung singkat dari kumparan trafo. Pada operasi normalnya sebuah rele diferensial hanya akan melihat gangguan di daerah kerjanya dan tidak terpengaruh dengan gangguan dari luar. Karena hal ini dapat diketahui dari vektor arus ketika terjadi gangguan eksternal tidak terjadi perubahan beda fasa, yaitu sebesar 180 derajat yang berarti dalam perhitungan fasor akan saling meniadakan. Rele diferensial tersebut lebih efektif untuk menangani gangguan yang terdapat pada internal transformator (Raju & Ramamohan, 2014).

Prinsip kerja rele diferensial bekerja dengan menggunakan prinsip keseimbangan arus masuk (*current balance*). Prinsip ini sesuai dengan hukum Kirchhoff, dimana

memperbandingkan jumlah arus masuk pada rele sama dengan jumlah arus keluar dari rele.

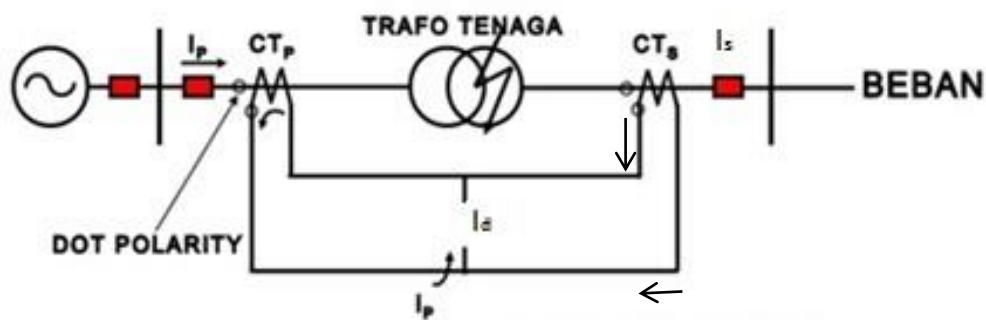
$$I_{diferensial} = I_d = \left| \vec{I_p} \right| + \left| \vec{I_s} \right| \dots \dots \dots (1)$$

Dengan:

I_d = Arus Diferensial (A)

I_p = Arus Primer / Arus masuk

I_s = Arus Sekunder / Arus Keluar



Gambar 2. Gangguan terjadi didalam trafo daya (internal)

Gangguan yang terjadi didalam daerah yang dilindungi (*internal*) daerah proteksi rele diferensial yaitu di antara kedua trafo daya. Dimana I_p dan I_s searah menuju rele diferensial.

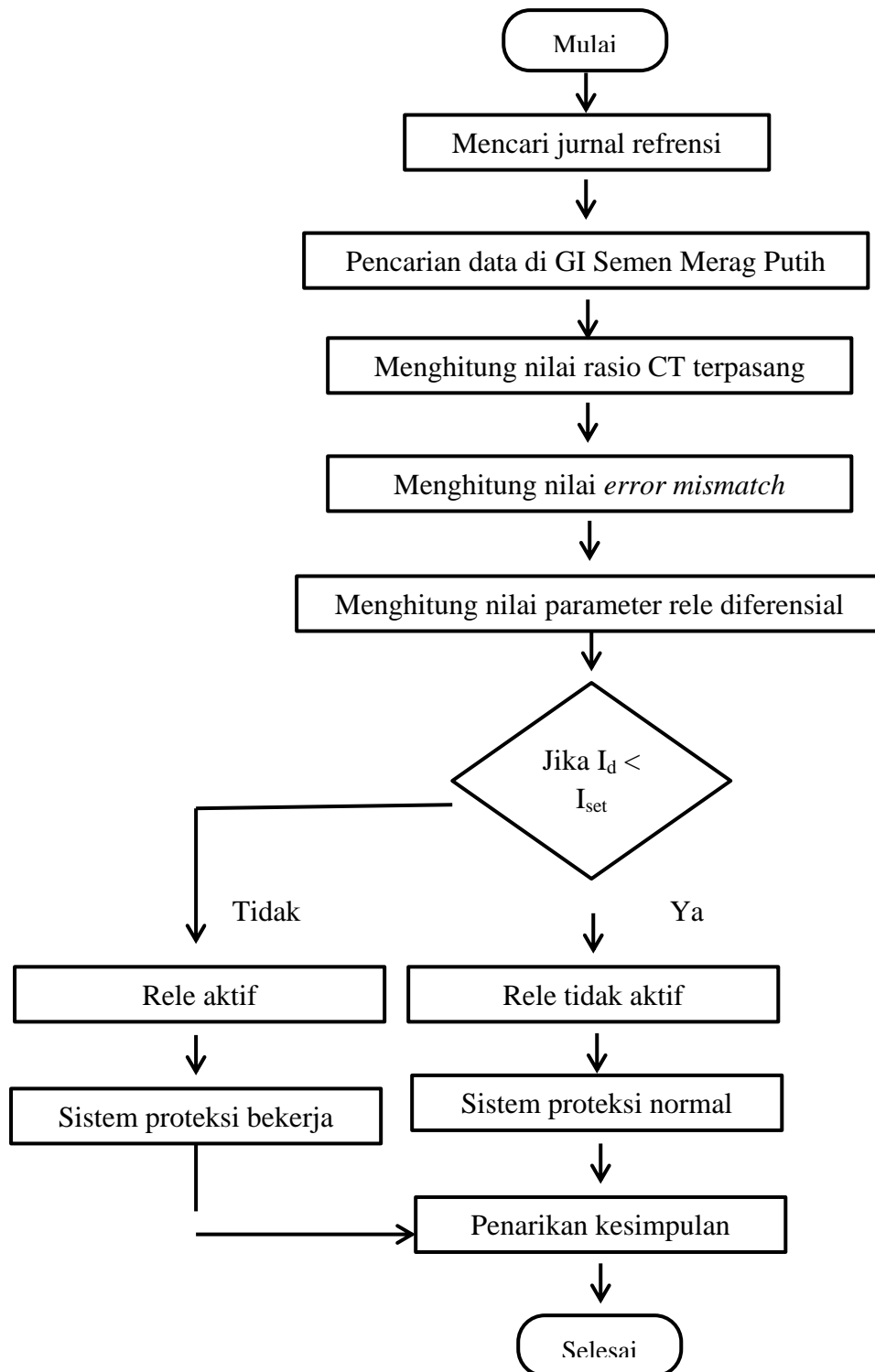
$$I_d = I_p + I_s > 0 \text{ ampere} \dots \dots \dots (2)$$

$$I_d = I_p + I_s < 0 \text{ ampere} \dots \dots \dots (3)$$

Untuk gangguan yang terjadi didalam arah arus akan berubah menjadi salah satu arahnya terbalik, maka pada keadaan tersebut kondisi trafo terdapat gangguan. Arus mengalir melalui rele diferensial dari CTp menuju CTs, apabila rele mendeteksi terdapat perbedaan arus atau gangguan maka rele mengintruksikan PMT untuk membuka atau memutus (*tripping*) (Nikhil & Trivedi, 2014).

2. METODE

Terkait pentingnya konfigurasi dari sistem proteksi di saluran transmisi pada Gardu Induk, maka peneliti melakukan analisa sistem proteksi rele diferensial yang terpasang di Gardu Induk 150 kV Semen Merah Putih Rembang. Penelitian ini termasuk kedalam penelitian sekunder karena data yang dianalisa oleh peneliti diperoleh dari kumpulan data yang telah menjadi laporan dari suatu instansi atau lembaga terpercaya. Langkah pertama adalah mengumpulkan jurnal yang berkaitan dengan judul skripsi, lalu mengambil data dari Gardu Induk Semen Merah Putih, Rembang. Setelah data terkumpul semua kemudian dihitung arus nominal, arus diferensial, arus *setting* diferensial dan *error mismatch*.



Gambar 3. *Flowchart* penelitian

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini merupakan data dari hasil perhitungan secara manual dan pembahasan dari hasil perhitungan.

3.1 Data

Tabel 1. Data transformator daya

Merk	Xian Transformer Works
Tipe	SF-10600150
No. Serial	W 540 088
Kapasitas Trafo	20 MVA
Tegangan sisi primer	150 kV
Tegangan sisi sekunder	22 kV
Frekuensi	50 Hz
Impedansi	11.5 %
Sambungan	YnYn0

3.2 Perhitungan
Matematis
Perhitungan

matematis adalah perhitungan untuk menentukan rasio CT pada trafo daya, dengan menggunakan perhitungan arus rating dan arus nominal. Selanjutnya menghitung *error mismatch*, menghitung arus differensial, menghitung arus *restrain*, menghitung arus *slope*, dan arus setting rele differensial. Kemudian melakukan perhitungan pada arus yang keluar dari CT saat terjadi gangguan dan pengaruh yang terjadi pada rele differensial.

3.2.1 Perhitungan pada Rasio CT (Current Transformator)

Untuk menentukan rasio CT maka diperlukan untuk menghitung arus rating terlebih dahulu. Untuk menghitung arus rating / Irating dengan rumus :

$$I_{rat} = 110\% \times I_{nominal} \dots \dots \dots (4)$$

Dengan :

$$I_{\text{nominal}} = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} \dots \dots \dots (5)$$

I_n = Arus nominal (A)

S = Daya tersalurkan (MVA)

V = Tegangan pada sisi primer dan sekunder (Kv)

Untuk Arus nominal adalah arus yang mengalir pada masing-masing jaringan.

Arus nominal untuk tegangan tinggi 150 Kv :

$$I_n = \frac{20.000.000}{\sqrt{3} \times 150.000} = 76,96 \text{ A}$$

Arus nominal untuk tegangan tinggi 22 Kv :

$$I_n = \frac{20.000.000}{\sqrt{3} \times 22.000} = 524,86 \text{ A}$$

Arus *rating* di sisi tegangan tinggi 150 Kv :

$$I_{\text{rat}} = 110\% \times 76,96 \text{ A} = 84,67 \text{ A}$$

Arus *rating* di sisi tegangan rendah 22 Kv :

$$I_{\text{rat}} = 110\% \times 524,86 \text{ A} = 577,36 \text{ A}$$

Dari perhitungan mendapatkan hasil Arus nominal yang mengalir pada trafo sisi tegangan tinggi 150 Kv adalah 76,96 A dan pada sisi tegangan rendah 22 Kv adalah 524,86 A. Untuk hasil perhitungan nilai arus *rating* di sisi tegangan tinggi 150 Kv adalah 84,67 A, sedangkan untuk sisi tegangan rendah 22 Kv adalah 577,36 A. Maka dari hasil perhitungan dapat diketahui rasio CT di sisi tegangan tinggi 80:1 A dan di sisi tegangan rendah 800:1 A. Dari hasil rasio CT, jika pada trafo sisi tegangan tinggi mengalir arus 150 A terbaca 1 A pada CT. Rasio CT terpilih karena nilai tersebut yang cukup mendekati nilai rating arus yang sudah dihitung dan CT tersebut sesuai dengan yang terdapat di pasaran.

3.2.2. *Error mismatch*

Error mismatch adalah sebuah gangguan pada trafo yang terjadi karena terdapat adanya kesalahan dalam membaca suatu perbedaan arus, pada tegangan sisi primer dan pada sisi sekunder di transformator dan pergeseran fasa di trafo itu

sendiri. Untuk mencari arus *mismatch* dapat dengan cara memperbandingkan rasio CT ideal dengan CT yang terdapat di pasaran, syarat *error* tidak boleh lebih dari 5% dari rasio CT yang sudah terpilih. Rumus untuk menghitung *Error mismatch* :
(Anderson, 2004)

$$Error\ Mismatch = \frac{CT\ ideal}{CT\ Terpasang} \% \dots\dots\dots (6)$$

Dengan :

$$\frac{CT_2}{CT_1} = \frac{V_1}{V_2} \dots\dots\dots (7)$$

CT (ideal) = trafo arus ideal

V_1 = tegangan yang terdapat pada sisi tinggi

V_2 = tegangan yang terdapat pada sisi rendah

Error Mismatch yang terdapat pada sisi tegangan tinggi 150 Kv :

$$CT_1\ (ideal) = CT_2 \times \frac{V_2}{V_1} = \frac{800}{1} \times \frac{22}{150} = 117,3\ A$$

$$Error\ Mismatch = \frac{117,3}{80} \% = 0.146\ \%$$

Error Mismatch di sisi tegangan rendah 22 kv :

$$CT_2\ (Ideal) = CT_1 \times \frac{V_1}{V_2} = \frac{80}{1} \times \frac{150}{22} = 545,45\ A$$

$$Error\ Mismatch = \frac{545,45}{800} \% = 0,681\ \%$$

Menurut hasil perhitungan yang sudah dilakukan, maka memperoleh nilai CT_1 ideal sebesar 117,3 A dan *error mismatch* 0,146 %. Nilai CT_2 ideal sebesar 545,45 A dan *error mismatch* 0,681%. Dengan demikian nilai selisih antara trafo arus yang dipakai dan trafo arus ideal adalah 37.3 A pada tegangan tinggi dan 254,55 A pada tegangan rendah.

3.2.3 Arus Sekunder pada CT (*Current Transformator*)

Arus sekunder pada CT (*Current Transformator*) adalah arus yang keluar dari CT itu sendiri.

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{\text{rasio CT}} \times I_n \dots \dots \dots (8)$$

Arus sekunder CT *Current Transformator* pada tegangan tinggi 150 kv:

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{80} \times 76,98 \text{ A} = 0,96 \text{ A}$$

Arus sekunder CT *Current Transformator* pada tegangan rendah 22 kv

$$I_{\text{sekunder}} = \frac{1}{800} \times 524,86 \text{ A} = 0,65 \text{ A}$$

3.2.4 Arus Differensial

Arus differensial adalah arus yang terdapat selisih antara arus sekunder CT (*Current Tran sformator*) pada tegangan tinggi dan tegangan rendah.

Rumus mencari arus diferensial :

$$I_{\text{dif}} = I_2 - I_1 \dots \dots \dots (9)$$

Dengan :

I_{dif} = Arus Diferensial

I_1 = Arus Sekunder pada CT₁

I_2 = Arus Sekunder pada CT₂

perhitungan untuk arus diferensial :

$$I_{\text{dif}} = 0,65 - 0,96 = -0,31 \text{ A} = 0,31 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan mendapatkan nilai selisih antara I_{sekunder} CT₁ dan CT₂ sebesar 0,31 A. nilai tersebut yang menjadi pembanding dengan arus setting rele diferensial.

3.2.5 Arus *restrain* (penahan)

Arus *restrain* didapat dengan cara mengakumulasikan arus sekunder CT₁ dan CT₂ lalu dibagi dengan 2.

Rumus untuk mencari arus *restrain* :

$$I_r = \frac{I_1 + I_2}{2} \dots \dots \dots (10)$$

Dengan :

I_r = Arus Penahan (A)

I_1 = Arus Sekunder pada CT₁ (A)

I_2 = Arus Sekunder pada CT₂ (A)

$$I_r = \frac{0,96+0,65}{2} = 0,805 \text{ A}$$

Hasil dari perhitungan diatas maka didapat nilai arus *restrain* 0,805 A. karena arus differensial naik diakibatkan adanya perubahan rasio pada sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah yang disebabkan berubahnya tap trafo daya, menjadikan arus *restrain* berubah naik. Hal ini diperlukan rele differensial supaya rele tidak bekerja karena bukan term asuk dalam sebuah gangguan.

3.2.6 *Pecent Slope (setting* Kecuraman)

Untuk mengetahui *slope* didapatkan dari arus differensial di bagi dengan arus *restrain*. Dari *Slope 1* dapat diketahui arus differensial dan arus *restrain* saat kondisi normal dan untuk memastikan rele dapat bekerja saat ada gangguan internal dengan arus gangguan kecil. Untuk *slope 2* dapat berguna agar rele tidak bekerja saat terjadi gangguan eksternal dengan arus gangguan besar sekalipun. (Sihombing, 2012)

$$\text{Slope}_1 = \frac{I_d}{I_r} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

$$\text{Slope}_2 = (\frac{I_d}{I_r} \times 2) 100\% \dots \dots \dots (12)$$

Dengan :

Slope_1 : *Setting* kecuraman 1

Slope_2 : *Setting* kecuraman 2

I_d : Arus Differensial (A) I_r : Arus *Restrain* (A)

Menentukan *Slope1* :

$$\text{Slope}_1 = \frac{0,31}{0,805} \times 100\% = 38\%$$

Menentukan *Slope2* :

$$\text{Slope}_2 = \left(\frac{0,31}{0,805} \times 2 \right) \times 100\% = 76\%$$

Perhitungan *Slope* diatas mendapat hasil *Slope1* sebesar 38% sedangkan untuk *Slope2* sebesar 76%.

3.2.7 Arus Setting (I_{sett})

Arus *Setting* adalah arus yang didapat dari hasil pengkalian *Slope* dan *restrain*. Selanjutnya hasil dari arus *setting* dibandingkan dengan arus differensial.

Rumus arus *setting* :

$$I_{\text{sett}} = \%Slope \times I_{\text{restrain}} \dots \dots \dots (13)$$

Dengan :

I_{sett} : Arus *Setting*

I_{restrain} : Arus Penahan

$\%Slope$: *Setting* Kecuraman (%)

Perhitungan Arus *Setting* :

$$I_{\text{sett}} = 38\% \times 0,805 \quad I_{\text{sett}} = 0,38\% \times 0,805 \quad I_{\text{sett}} = 0,305 \text{ A}$$

Perhitungan diatas mendapatkan hasil nilai arus *setting* sebesar 0,305 A. akan tetapi *Setting* yang digunakan adalah 0,3 A atau 30% dengan sebagai pertimbangan yaitu : untuk kesalahan sadapan (10%), kesalahan CT (10%), *mismatch* (4%), arus eksitasi (1%) dan factor keamanan (5%).

3.2.8 Gangguan pada transformator daya

Rumus yang digunakan pada gangguan transformator daya adalah :

$$I_{f \text{ relay}} = I_f \times CT_2 \dots \dots \dots (14)$$

$$I_{f \text{ fault}} = \frac{I_{f \text{ relay}}}{I_2} \dots \dots \dots (15)$$

$$I_d = I_2 - I_1 \dots \dots \dots (16)$$

$$I_{2\text{ fault}} = I_2 + I_d \dots \dots \dots (17)$$

$$I_f \text{ relay} = I_{2\text{ fault}} \times I_2 \dots \dots \dots (18)$$

$$I_f = I_f \text{ relay} \times CT_2 \dots \dots \dots (19)$$

Dengan :

$I_f \text{ relay}$: Arus gangguan yang dibaca rele

I_f : Arus yang masuk ke rele

I_d : Arus diferensial

CT_2 : Rasio CT_2

I_2 : Arus sekunder CT_2 sebelum terdapat gangguan

I_1 : Arus sekunder CT_1

$I_{2\text{ fault}}$: Arus sekunder CT_2 saat terdapat atau terjadi gangguan

Arus gangguan pada sisi tegangan rendah 22 kv sebesar 4500 A, maka :

$$I_f \text{ relay} = I_f \times CT_2 = 4500 \times \frac{1}{800} = 5,625 \text{ A}$$

$$I_{2\text{ fault}} = \frac{I_f \text{ relay}}{I_2} = \frac{5,645}{0,65} = 8,65 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2\text{ fault}} - I_1 = 8,65 - 0,96 = 7,69 \text{ A}$$

Arus gangguan pada sisi tegangan rendah 22k sebesar 4500 A mendapatkan arus sekunder pada CT_2 sebesar 8,65 A dan untuk arus differensial sebesar 7,69 A. rele dfferensial akan bekerja lalu memberi perintah ke PMT untuk memutuskan, karena arus diferensial lebih besar dari arus *setting* yang sebesar 0,3 A.

Arus gangguan pada sisi tegangan rendah 22kv sebesar 540 A, maka :

$$I_f \text{ relay} = I_f \times CT_2 = 540 \times \frac{1}{800} \quad I_f \text{ relay} = 0,67 \text{ A}$$

$$I_{2\text{ fault}} = \frac{I_f \text{ relay}}{I_2} = \frac{0,67}{0,65} \quad I_{2\text{ fault}} = 1,03 \text{ A}$$

$$I_d = I_{2\text{ fault}} - I_1 = 1,03 - 0,96 \quad I_d = 0,078 \text{ A}$$

Arus gangguan pada sisi tegangan rendah 22k sebesar 540 A mendapatkan arus sekunder pada CT₂ sebesar 1,03 A dan untuk arus diferensial sebesar 0,078 A. rele diferensial tidak akan bekerja, karena arus diferensial lebih kecil dari arus *setting* yang sebesar 0,3 A.

Perhitungan gangguan hubung singkat yang menyebabkan nilai I_d menjadi 0,3 A sebagai berikut :

$$I_{2\text{ fault}} = I_2 + I_d \quad I_{2\text{ fault}} = 0,96 + 0,3 \quad I_{2\text{ fault}} = 1,12 \text{ A}$$

$$I_f \text{ relay} = I_{2\text{ fault}} \times I_2 = 1,12 \times 0.524 \quad I_f \text{ relay} = 0,5868 \text{ A}$$

$$I_f = I_f \text{ relay} \times CT_2 = 0,5868 \times 800 \quad I_f = 469,44 \text{ A}$$

Saat I_d sebesar 0,3 A maka arus gangguan yang mengalir di sisi rendah sebesar 469,44. Sehingga dapat di artikan batas arus yang di perbolehkan mengalir di sisi tegangan rendah sebesar 469,44 A. Rele diferensial dapat bekerja jika arus yag masuk atau mengalir lebih dari 469,44 A

4. PENUTUP

Berdasarkan analisa yang telah diuraikan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Arus nominal untuk tegangan tinggi 150 kv sebesar 76,96 A dan untuk tegangan rendah 22 kv sebesar 524,86 A. hasil dari arus nominal mendapat nilai arus *rating* pada sisi tegangan tinggi 150 kv sebesar 84,67 A, pada sisi tegangan rendah 22 kv sebesar 577,36 A

2. Hasil dari *error mismatch* pada sisi tegangan tinggi 150 kv sebesar 0,146 % dan *error mismatch* pada 22 kv sebesar 0,681 %
3. Batas untuk arus nominal yang dapat mengalir pada trafo daya pada sisi tegangan rendah sebesar 496,44 A, jika melebihi batas nilai arus nominal maka rele diferensial akan aktif dan mengaktifkan PMT untuk memutus atau *trip*.
4. Arus sekunder pada CT (*current transformer*) pada tegangan tinggi 150 kv sebesar 0,96 A dan pada tegangan rendah 22 kv sebesar 0,65 A
5. Hasil nilai arus diferensial sebesar 0,31 A adalah arus yang terdapat dari selisih antara arus sekunder CT sisi tegangan tinggi dan sisi tegangan rendah.
6. Hasil dari arus *restain* sebesar nilai 0,805 A didapat dari pengakumulasian arus sekunder CT₁ dan CT₂ lalu dibagi 2.
7. Arus *setting* yang didapat dari hasil analisa sebesar 0,3 A dan harapannya dari arus *setting* tersebut sistem proteksi trafo dapat bekerja dengan maksimal

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang memberikan kesehatan dan nikmat yang luar biasa sehingga penulis dapat semangat menyelesaikan tugas akhir dengan waktu yang insyallah terbaik.
2. Orangtua yang selalu menanyakan dan memberikan dukungan motivasi akan masa depan yang lebih baik. Terimakasih ibu dan ayah.
3. Antika Budiningrum yang tetap berusaha menjaga perasaan penulis untuk tidak membuat penulis tersinggung dengan tanggungjawabnya. Terimakasih yang luar biasa.
4. Muhamad Sanusi rekan yang luar biasa sabar dan tidak berhenti mendukung penulis untuk terus menyelesaikan tugas akhir di waktu yang terbaik
5. Bapak Agus Supardi. S.T M.T, selaku pembimbing tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan, masukan dan saran.
6. Bapak Arip PLN Salatiga yang membantu memberikan data dan memberikan wawasan kepada penulis dengan detail sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan waktu yang terbaik.

7. Widi Family yang sungguh-sungguh mendukung dengan mempresure penulis dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anvenue, Anderson. Markham. Ontario (2004) "*Transformer Management Relay Instruction Manual*". GE Industrial System.
- Deni Fatra, (2014) "*Studi Penggunaan Rele Defferensial Sebagai Proteksi Transformator Daya di Gardu Induk Bukit Siguntang Tragi Boombaru UPT Palembang PT.PLN (Persero)*" Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya,Palembang
- El-Bages, M.S. (2011) "*Improvement Of Digital Differential Relay Sensitivity For Faults In Power Transformers*" International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering. 3, 1-5.
- Paliwal, Nikhil., & Trivedi, A (2014) "*Analysis of Modern Digital Differential Protection for Power Transformer*", International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations. 2, 46-53.
- Phadke, Arun, (2001) "*Power System Protection*", The Electric Power Engineering Handbook.
- Raju, K., & Reddy, Ramamohan, (2012) "*Differential Relay Reliability Impliment Enhancement of Power Transformer*", International Journal of Modern Engineering Research. 2, 3612-3618.
- Sigiet Rakawasih, (2014) "*Penggunaan Rele Defferensial Pada Transformator daya 20 MVA di Gardu Induk Sungai Juaro*"Tugas Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya,Palembang
- Sihombing, Fransiscus, (2012) "*Penyetelan Relai Differensial pada Transformator PT Chevron Pacific Indonesia*" Jurusan Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan.